

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-260766
 (43)Date of publication of application : 08.10.1993

(51)Int.Cl. H02N 1/00

(21)Application number : 03-134397

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD
 HIGUCHI TOSHIRO

(22)Date of filing : 05.06.1991

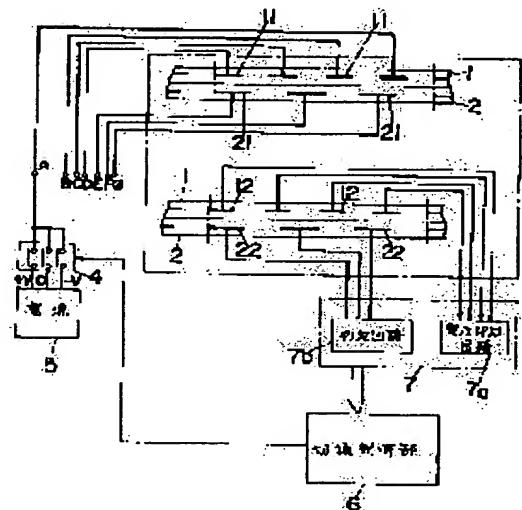
(72)Inventor : NISHIGUCHI NOBORU
 HIGUCHI TOSHIRO

(54) ELECTROSTATIC ACTUATOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To make it possible to shift a moving electrode without any hunting and causing it to be out of synchronism by arranging a stator electrode (FE) and the moving electrode (ME) at a given interval, by detecting the amount of the displacement of the moving electrode with respect to the stator, and by applying a driving voltage across the FE and ME in response to the detected amount of the displacement.

CONSTITUTION: For a moving electrode 1, an ME 11 and a sensing electrode (SE) 12 are arranged at a given interval. For a stator 2, an FE 21 and the SE 22 are arranged at a given interval. A direct current power supply 5 is connected to the moving electrode 1 and stator 2 through a switching element 4. A position determining unit 7 comprises a voltage application circuit 7a which applies a position detecting voltage, and a determining circuit 7b which detects the variation of a loaded amount generated by an electrostatic induction in the SE electrode 22 when the position detecting voltage is applied to the SE 12 in order to determine the correlated position of the moving electrode 1 to the stator 2. Therefore, if a feedback control is provided for a switching control unit 6 to change over driving voltages in accordance with the timing based on the detection by the position determining unit 7, it is possible to prevent any out of synchronism and hunting from being created.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 14.02.1997
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
 [Date of final disposal for application]
 [Patent number] 2899133
 [Date of registration] 12.03.1999
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
 [Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

特開平5-260766

(43)公開日 平成5年(1993)10月9日

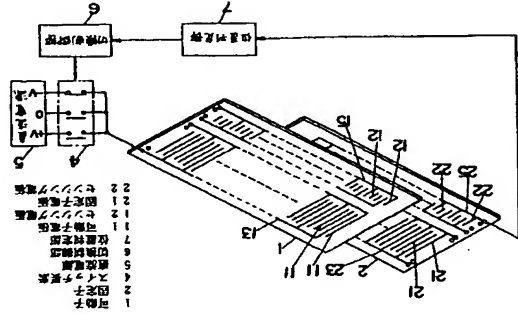
(5)Int.Cl. ¹	機別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 N 1/00		8525-5H		
(21)出願番号	特願平3-134397		(71)出願人	000058322 松下電工株式会社 大阪府門真市大字門真104番地
(22)出願日	平成3年(1991)6月5日		(71)出願人	000235576 樋口 俊郎 神奈川県横浜市港北区茅ヶ崎南4-14-1 -109 (72)発明者 西口 登 大阪府門真市大字門真1049番地下電工株式会社 樋口 俊郎 (72)発明者 神奈川県横浜市港北区茅ヶ崎南4-14-1 -109 (74)代理人 井理士 石田 長七 (外2名)

(54)【発明の名称】 静電アクチュエータ

(57)【要約】

【目的】基準位置を再現性よく設定するとともに、乱調や脱調を防止する。

【構成】可動子1および固定子2は、それぞれ直線荷状の多数の可動子電極11および固定子電極21を備える。可動子電極11および固定子電極21と、駆動電圧を発生する直流電源5との間にスイッチ要素4を挿入し、切換制御部6によってスイッチ要素4の開閉状態を切り換える。このとき、可動子電極11と固定子電極21との間に生じるクーロン力により可動子1が固定子2に対して移動する。可動子1と固定子2とは、それぞれ可動子電極11および固定子電極21と相似形状であるセンシング電極12、22を設ける。センシング電極12、22の間の静電容量の変化を位置判定部7により検出することにより、可動子1の固定子2に対する相対位置を検出する。この相対位置に基づいてスイッチ要素4の切換タイミングをフィードバック制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 多数の固定子電極を一方方向に所定間隔で配列した固定子と、固定子電極に方向して配置される多数の可動子電極を上記一方方向に所定間隔で配列して構成した可動子と、固定子と可動子との間に介在させた絶縁体層と、可動子電極と固定子電極との間に生じるクーロン力により可動子が固定子に対して上記一方方向に移動するように固定子電極と可動子電極とに駆動電圧を印加する駆動電圧制御手段と、固定子に対する可動子の変位量を検出し印加されるように駆動電圧制御手段をフィードバック制御する位置検出手段とを備えて成ることを特徴とする静電アクチュエータ。

【請求項2】 位置検出手段は、固定子と可動子とにそれぞれ上記一方方向に所定間隔で配列された多数のセンシング電極を互いに向向させたセンサ部を有し、固定子側と可動子側とのいずれか一方のセンシング電極に直流電圧を印加するとともに、可動子の移動時に他方のセンシング電極に静電誘導によって発生する電荷量の変化に基づいて固定子に対する可動子の変位量を検出することを特徴とする請求項1記載の静電アクチュエータ。

【請求項3】 位置検出手段は、固定子と可動子とにそれぞれ上記一方方向に所定間隔で配列された多数のセンシング電極を互いに向向させたセンサ部を有し、固定子側と可動子側とのいずれか一方のセンシング電極に高周波交流電圧を印加するとともに、他方のセンシング電極に高周波交流電圧を印加するとともに、他方のセンシング電極に静電誘導によって発生する電荷量の変化に基づいて固定子に対する可動子の変位量を検出することを特徴とする請求項1記載の静電アクチュエータ。

【請求項4】 絶縁体層は、固定子に設けた第1絶縁体層と、可動子に設けた第2絶縁体層と、第1絶縁体層と第2絶縁体層との間に介在する絶縁性液体よりなる第3絶縁体層とから成ることを特徴とする請求項1記載の静電アクチュエータ。

【請求項5】 絶縁体層は、固定子に設けた第1絶縁体層と、可動子に設けた第2絶縁体層とからなり、第1絶縁体層における固定子電極との対向部位および第2絶縁体層における可動子電極との対向部位には、それぞれ絶縁性が形成されて成ることを特徴とする請求項1記載の静電アクチュエータ。

【請求項6】 固定子および可動子はそれぞれ多層配線板を用いてフィルム状に形成されていて固定子と可動子とが複數層設けられ、各可動子同士が可動子ホルダによって一体に結合されて成ることを特徴とする請求項1記載の静電アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、固定子と可動子との間に作用するクーロン力により可動子を移動させる静電ア

(2)

クチュエータに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来より、クーロン力を用いた静電アクチュエータとしては、図21に示すように、多数の固定子電極21を一方方向に配列した固定子2と、固定子電極21の配列面に方向する誘電体層もしくは高抵抗体層16を備えた可動子1と、各固定子電極21に誘電体層の駆動電圧を印加する駆動回路とを設けたものがある（特開昭63-95860号公報、特開平2-285978号公報参照）。

【0003】 すなわち、固定子電極21に駆動電圧を印加することによって可動子1の誘電体層もしくは高抵抗体層16に静電誘導された電荷と、固定子電極21の電荷との間に作用するクーロン力により可動子1が移動するものである。特開昭63-95860号公報には、駆動電圧を印加し、固定子と可動子との間に吸引力のみを作用させるように駆動電圧の印加タイミングを設定したものと、駆動電圧を印加し、固定子と可動子との間に吸引力および斥力とを作用させるように駆動電圧の極性および印加タイミングを設定したものとが開示されている。また、特開平2-285978号公報には、図21(b)に示すように、可動子1が移動を開始する際には、固定子2と可動子1との対向面に直交する方向のクーロン力が斥力になるように駆動電圧の極性を設定したものが開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、上記河公報に記載された静電アクチュエータは、可動子1に静電誘導された電荷と、固定子電極21の電荷との間のクーロン力を利用して可動子1を移動させるものであるから、可動子1を移動させるために固定子電極21に駆動電圧を印加すると、可動子1の移動中に可動子1の誘電体層や高抵抗体層16の中で電荷の移動が生じたり、不要な分極が生じたりする場合がある。このような現象が生じると、乱調や脱調の原因になる。さらに、可動子1の任意の位置に電荷を生じさせることができるから、基準位置を再現性よく設定することができないという問題がある。

【0005】 本発明は上記問題点の解決を目的とするものであり、乱調や脱調を防止し、しかも、基準位置を再現性よく正確に設定できるようにした静電アクチュエータを提供しようとするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】 請求項1の発明は、上記目的を達成するために、多数の固定子電極を一方方向に所定間隔で配列した固定子と、固定子電極に方向して配列される多数の可動子電極を上記一方方向に所定間隔で配列して構成した可動子と、固定子と可動子との間に介在させた絶縁体層と、可動子電極と固定子電極との間に生じるクーロン力により可動子が固定子に対して上記一方

である。

を印加する駆動電圧制御手段と、固定子に対する可動子の変位量を検出し変位量に応じた駆動電圧が固定子電極と可動子電極とに印加されるように駆動電圧制御手段とをフィードバック制御する位置検出手段とを備えているのである。

【0007】請求項2の発明では、位置検出手段は、固定子と可動子とにそれぞれ上記一方に所定間隔で配列された多数のセンシング電極を互いに対向させたセンシング電極対を有し、固定子側と可動子側とにそれぞれ一方のセンシング電極に直流電圧を印加するとともに、可動子の移動時、他方のセンシング電極に電流経路によって発生する電荷量の変化に基づいて固定子に対する可動子の変位量を検出する。

【0008】請求項3の発明では、位置検出手段は、固定子と可動子とにそれぞれ上記一方向に所定間隔で配列された多数のセンシング電極を互いに対向させた一方のセンシング電極と可動子側との位置ずれを検出するとともに、他方のセンシング電極に高周波交流電圧を印加するとともに、他方のセンシング電極に静電誘導によって発生する電荷量の増減に基づいて固定子に対する可動子の変位量を検出する。

【0009】請求項4の発明では、絶縁体層は、固定子に取付けた第1絶縁体層と、可動子に取付けた第2絶縁体層と、第1絶縁体層と第2絶縁体層との間に介在する絶縁性液体よりなる第3絶縁体層とにより形成されている。

請求項5の発明では、絶縁体層は、固定子に取付けた第1絶縁体層と、可動子に取付けた第2絶縁体層とからなり、第1絶縁体層における固定子電極との対向面部位および第2絶縁体層における可動子電極との対向面部位には、それぞれ他の部位より誘電率の高い絶縁材料よりなる高誘電率部が形成されている。

[0016]

【実施例1】 実施例1）本実施例では、固定電極は3相と可動電極を4相としているが、これに固定される相と可動電極の相数については各相の組み合わせが可能なものである。図3に示すように、可動電極1および固定電極2は、それぞれ多層電極3を用いてフィラメント状に形成され、互いに対向するように配置される。多層電極3は、絶縁基板31の表面面にそれぞれ絶縁体層32、33と被覆材層36、37を介して積層し、絶縁基板31と絶縁体層32、33との間にそれぞれ銅箔よりなる導電体層34、35を接合したものである。全体として200 μ m程度の厚みのフィルム状に形成されている。絶縁基板31、絶縁体層32、33には、ポリイミドやポリエチレンテレフタレートなどが用いられる。ただし、導電による電着を避けるために、絶縁基板31、絶縁体層32、33などには同一材料を用いている。

【0017】可動子1となる多層配線板3の導電体層3

4には、図に示すように、直線部状に形成した多数の可動子電極11を互いに平行になるように一定間隔pで配列した直線部と、直線部状の多数のセンシング電極12を互いに平行になるように可動子電極11と同一間隔pで配列した直線部とを有する可動子電極11は4相であり、各相をA~D相とすれば、ABCDAB……という順序で循環的に配列される。また、各相の可動子電極11は、各相ごとにとめて給電ライン13に接続される。ここに、4相のうち2相の給電ライン13は可動子電極11と同じ導電体層34に形成され、残りの2相の給電ライン13は他の導電体層35に形成される。導電体層35に形成された給電ライン13と可動子電極11とを接続するに、可動子電極11の長手方向の一端部に設けられたランド14の中心に、ランド14の長手方向の一端部に設けられたスルーホール21を穿孔し、スルーホールを用いて接続される。この周知の方法を適用する。各センシング電極12は、各可動子電極11と同一直線上に形成され、各相の可動子電極11と同一直線上に配列されたセンシング電極12は、各相の可動子電極11の給電ライン13に対する接続関係と同じ接続関係になるように出力ライン15に接続される。

[0018] 固定子２は、可動子１と同様の構成を有し、図５に示すように、多極巻線磁芯３０の導電性層３４に直線巻状の複数の固定子電極２を互いに平行になるように一定間隔ｐで配列した導電パターンと、直線群状の多数のセンシング電極２を互いに平行になるように固定子電極２と同じ間隔ｐで配列した導電パターンとを有している。固定子電極２は３相であって、各相をＥ〜Ｇとすれば、Ｅ、Ｆ、Ｇ……という順に連続的に配列される。また、各相の固定子電極２は、各相ごとく、それぞれ給電ライン２３に接続される。ここに、３相のうち２の相の給電ライン２３が接続される。このとき、残りの１相の給電ライン２３は形成されず、残りの導電体層５５に形成される。導電体層５５には他の導電電極層２２と、固定子電極２１との接続は、可動子１の場合と同様であった。固定子電極２１の長手方向の端部に設けられたランド２４の中心にそれぞれ貫孔があり、スループホールを用いて、めっきスループホールなどにより周知の方法を選択する。このようにして、導電体層５５内には同相の給電ライン２３が形成されることとなる。各センシング電極２２は、各固定子電極２１と同じ直線上に形成され、各相の固定子電極２１と同じ直線上に配列されたセンシング電極２２は、各相の固定子電極２１に対するランドライン２３に対して等距離となるように出力ライン２３に接続される。

【0019】要するに、可動子1と固定子2とは相数が異なるのみであって、同一の構成を有しているのである。可動子電極11と固定子電極21とは、(可動子電極の相数×可動子電極の間隔) = (固定子電極の相数×固定子電極の間隔) という関係が成立するように配列さ

れている。すなわち、 $4 \times \text{pt} = 3 \times \text{pt} = u$ になっている。また、固定子電極 21 の幅は、可動子電極 11 の幅よりも大きく設定されており、上述す法りの間、いずれか一方の可動子電極 11 と固定子電極 21 との中心同士が対向している状態、他のいずれかの固定子電極 21 と可動子電極 11 の半分程度の面が対向できるように設定されている。

【0020】可動子1の各電圧ライン13および固定子2の各電圧ライン23には、図1に示すように、リレー2後等から各スイッチ要素5を介して直流電圧5が供給される。直流電圧5は、 $+V$ 、 0 、 $-V$ の3種類の電圧を出力し、スイッチ要素5は、可動子1および固定子2の2の各相A-Cの各電圧ライン13、23に対して直流電圧5を駆動電圧として選択的に印加する。また、スイッチ要素5は、切替制御回路6によって制御される。したがって、各電圧ライン13、22には、 $+V$ 、 0 、 $-V$ のいずれかの電圧が選択的に印加される。換言すれば、各可動子電極1および固定子電極2.1には、相毎に駆動電圧が印加されるのであって、スイッチ要素5、直流電圧5、切替制御回路6によって駆動電圧制御手段が構成されるのである。駆動電圧は、可動子電極1および固定子電極2.1の各相ごと

【0202】各相の駆動電圧印加パターンには、いろいろな形式が考えられるが、たとえば図6に示すような駆動電圧図を与えられるが、可動子電極1および固定子電極2の1の極性を図7のように変化させて、可動子1と固定子2の2に対して移動させることができる。ここで、A B C Dは可動子電極1の各相を示し、E F Gは固定子電極2の1の各相を示す。この駆動電圧の印加パターンは、可動子電極1および固定子電極2のうち中心同士が対向した向きになっているものに+Vを印加し、+Vを印加した可動子1と固定子2の1に対して図7における左右の可動子1および固定子電極2に対して図7における左右の可動子1と固定子電極2の1とを印加する間隔の可動子電極1および固定子電極2に+Vを印加するパターン（図7(a)参照）。このように駆動電圧を印加すれば、-Vが印加されたために、反発力によって、中心が互に距離を広げるために可動子1は移動させる。また、可動子1と中心が互に距離を広げるために、可動子1は移動させる。また、可動子1が $\pi/12$ だけ移動すると、最初に+Vを印加された可動子1と固定子電極2の1の右隣の可動子1と固定子電極2の1および固定子電極2の1の右隣の可動子1と固定子電極2の1の中心同士が対向したことになるから（図7(b)参照）。この時点で、可動子1と固定子電極2の1の中心同士が対向した状態を切り換えるようにすれば（図7(c)参照）、図7

7

きに移動させる場合には、 $(I, 0, +V, -V, 0)$ 、 $(0, +V, -V) \rightarrow (+V, -V, 0, 0)$ 、 $(+V, -V, 0, 1)$ というように、初期の向きを逆にするように極性を設定するとともに駆動電圧を順位させる向きを逆にすればよい。

【0022】上述した駆動電圧の印加パターンによれば、可動子1の移動が開始されるときには、クーロン力の合力について可動子1と固定子2との対向面に直交する方向の成分が反発力になるから、可動子1が固定子2から引き上げられることになり、可動子1と固定子2との間の駆動力を軽減された状態で可動子1が移動することになる。その結果、摩擦力による駆動力の損失が少なく、印加電圧の大きさに対して駆動力を大きくすることができるのである。

【0023】ところで、上述した構成では、駆動電圧を切り換えるタイミングと可動子電極11および固定子電極21の位置関係とにずれが生じると、脱調や乱調が生じることがある。そこで、センシング電極12、22をセンサ部とするとともに、可動子1の固定子2に対する相対位置を検出する位置判定部7を備えた位置検出手段を設け、位置判定部7より検出された位置に基づいてタイミングで駆動電圧を切り換えるように切替制御部6をフィードバック制御するのである。

【0024】位置判定部7では、図8に示すように、可動子1のセンシング電極12に位置検出手用電圧を印加する電圧印加回路7aと、可動子1のセンシング電極12に位置検出手用電圧が印加されることにより固定子2のセンシング電極22に静電誘導によって生じる電荷量の変化を検出して可動子1の固定子2に対する相対位置を判定する判定回路7bとを備える。本実施例では、電圧印加回路7aは、センシング電極12に直流電圧を印加する。すなわち、可動子1の移動方向に配列された各セン

シング電極12には、図9に示すように、電圧印加回路7aに設けた直流電源E1、E2によって交互に逆極性の直流電圧が印加される。要するに、4相A～Dの可動子電極11に対応する各センシング電極12のうち、A相およびC相の可動子電極11に対応するセンシング電極12と、B相およびD相の可動子電極11に対応するセンシング電極12とが互いに異なる極性になるように、直流電圧が印加されるのである。一方、固定子電極21の各相E～Gに対応する固定子2の各センシング電極22については、それぞれ電荷量の変化は検出されず、検出されるのであって、3相分の出力を用いて総合的に位置を判定することによって可動子1の固定子2に対する位置を高分解能で求めることができるのである。なお、検出精度を上げようときには、2相分の出力によって位置を判定してもよい。

【0025】可動子1が、図9(a)から図9(c)に移動する際の固定子2のセンシング電極22での誘導電

8

圧(誘導電流)の変化を図10に示す。固定子2のセンシング電極22に静電誘導される電荷量は、可動子1のセンシング電極12と固定子2のセンシング電極22との対向面間にほぼ比例するから、固定子2のセンシング電極22での誘導電圧(誘導電流)は正弦波状になる。いま、各相A～Dの可動子電極11に対応するセンシング電極12をそれぞれa～dとし、各相E～Gの固定子電極21に対応するセンシング電極22をそれぞれe～gとして、センシング電極a、cに電圧V1の直流電源E1の正極を接続し、センシング電極b、dに電圧V1の直流電源E2の負極を接続しているものとする。図9(a)のように、センシング電極aとセンシング電極eとの中心同士が一致する位置では、センシング電極eの出力電圧o1は-V1になる。また、センシング電極

f、gの出力電圧o2、o3は、可動子1の固定子2に対する位置に応じた絶対値がV1以下の所定電圧になる。次に、図9(a)の位置から可動子1が寸法u/1だけ移動して図9(b)のように、センシング電極bとセンシング電極fとの中心同士が一致するようになると、センシング電極fの出力電圧o2が-V1になり、他のセンシング電極e、gの出力電圧o1、o3は、絶対値がV1以下の所定電圧になる。同様にして、図9

(a)の位置から可動子1が寸法u/4だけ移動して図9(c)のように、センシング電極dとセンシング電極eとが一致するようになると、センシング電極eからの出力電圧o1が、V1になるのである。以上のようにして、図10に示すように、3相の出力電圧o1～o3が得られることになる。ここにおいて、図10における①～③は、それぞれ図9(a)～(c)の各位置に対応する。これらの出力電圧o1～o3の間隔に基づいて可動子1の固定子2に対する相対位置を求めることができるのである。

【0026】このようにして可動子1の固定子2に対する相対位置を求めれば、駆動電圧を切り換えるタイミングを正確に設定できるのであって、脱調や乱調を防止し、また、加速や減速の制御を行うことができるのである。ここに、脱調や乱調を防止するには、駆動電圧を切り換えるタイミングを可動子電極11と固定子電極21との位置関係の周期性に同期させるような制御を行えばよく、加速や減速を行うには、可動子電極11と固定子電極21との位置関係の周期内における駆動電圧の切換タイミングを調節すればよい。

【0027】(実施例2)上記実施例では、電圧印加回路7aから直流電圧を出力していたものであるから、可動子1が移動していないれば、センシング電極e～gに出力が得られないものであった。すなわち、可動子1が移動していないれば、センシング電極e～gに充電され、電荷が放電されて位置検出ができなくなるものであった。そこで、本実施例では、可動子1が移動していないときには出力が得られるように、電圧印加回路7aから

9

高周波交流電圧を出力している。

【0028】図11に示すように、可動子1の各相A～Dに対応する各センシング電極a～dには、それぞれ数kHz～数MHzの高周波交流電圧を印加するのであって、各センシング電極a～dに対応する高周波交流電源ACa～ACdは、それぞれ $\sin \omega t$ 、 $\sin(\omega t - 90^\circ)$ 、 $\sin(\omega t - 180^\circ)$ 、 $\sin(\omega t - 270^\circ)$ となるように、90°ずつ異なる位相に設定されている。したがって、距離uの間で位相を360°回転させることができ、センシング電極aとセンシング電極eとが重なる図11(a)の位置では、センシング電極eより得られる出力電圧は、高周波交流電源ACaに対応することになり、センシング電極eより得られる出力電圧はピークとなり、センシング電極eより得られる出力電圧はピークになり、位相が90°ずつ回転することになる。すなわち、各センシング電極e～gの出力電圧は、図12のようになる。この出力電圧を、高周波交流電源ACaの出力を基準信号として判定回路7bを構成する同期検波回路7cにおいて同期検波を行うことにより、各センシング電極e～gの出力電圧と高周波交流電源ACaの出力電圧との位相差に比例する振幅を有した図13のよう

な信号を得る。同期検波回路7cの出力信号は、ローパスフィルタ7dを通すことによって高周波成分が除去され、振幅の変化に対応した図14のような出力電圧o1～o3が得られることになる。出力電圧o1～o3は、それぞれ1周期の距離uに対応する信号になるのであって、3相の出力電圧o1～o3の位相関係に基づいて可動子1の固定子2に対する相対位置を高分解能で検出することができるのである。ここに、図12における①～③は、図11(a)～(c)の位置に対応する。他の構成および動作は実施例1と同様であるから説明を省略する。

【0029】(応用例)ところで、上記実施例では、可動子1と固定子2とが絶縁体層32同士を対向させる形で配置されていたが、絶縁体層32の間の空気層は他の部分に比較して絶縁率が1桁程度低いものであるから、可動子1の駆動力を大きくするために、駆動電圧を高くすると、空気層での放電が生じるという問題があった。すなわち、駆動電圧の大きさが制限されていた。空気層を5μm以下にすれば、この問題は改善されるのであるが、絶縁体層32の表面の平滑度を相当程度高めることが要求され、現在の技術レベルでは製造が困難である。

【0030】そこで、図15に示すように、絶縁性液体によりなる絶縁体層38を絶縁体層32の間に介在させておける。すなわち、図16に示すように、絶縁性液体を満した各線40の内部に可動子1および固定子2を配置するのである。絶縁性液体としては、可動子1と固定子2との張り付きを防止するために、粘度および表面張力の小さいものが選択される。また、絶縁性液体として

10

は、体積抵抗率が $10^{12} \Omega \cdot \text{m}$ 以上であることが要求されるから、たとえば、フッ素系の絶縁性液体(商品名フロリナート、住友3M社製など)を用いたり、シリコン油等の絶縁油を用いる。とくに、フッ素系の絶縁性液体は不純物を溶解しないから、絶縁性の低下がなく、要求性能を満たすことができるものである。このように絶縁性液体による絶縁体層38が絶縁体層32の間に介在されることによって、絶縁率が向上し、しかも、可動子1と固定子2との間の摩擦力が低減されることになり、その結果、駆動電圧を高めて駆動力を高めることができる。また、可動子1と固定子2との間の摩擦力による力の損失が少なくなり、結果的に可動子1の駆動力を高めることができるのである。

【0031】ここにおいて、可動子1の端部を容れ40から引き出すためには、絶縁性液体が容れ40が滑らかなようにすることが必要である。そこで、容れ40において可動子1を引き出すために設けた開口部41にシール42を設け、あるいは、開口部41にベローを設けることが必要である。シール42としては、たとえば、図17に示すように、永久磁石43と磁性液体44とを用いたものが考えられる。このシール42では、永久磁石43によって保持された磁性液体44によって開口部41を覆うことにより、絶縁性液体が容れ40から漏れろのを防止することができるのである。

【0032】駆動力を増大させる構成としては、図18に示す構成を採用してもよい。すなわち、可動子電極11における固定子2との対向面および固定子電極21における可動子1との対向面に、それぞれ他の部分よりも誘電率の高い絶縁材料によって形成した誘電率部45を設けるのである。ここにおいて、高誘電率部45の設け方には、次の3種類がある。すなわち、可動子電極11や固定子電極21を保持している絶縁基板31の誘電率を ϵ_1 、高誘電率部45の誘電率を ϵ_2 、可動子1の移動方向における高誘電率部45の間の部分46の誘電率を ϵ_3 とすると、① $\epsilon_1 < \epsilon_2 < \epsilon_3$ 、② $\epsilon_1 = \epsilon_2 < \epsilon_3$ 、③ $\epsilon_1 < \epsilon_1 < \epsilon_3$ のいずれかの構成とするのである。一例をあげれば、①の構成の場合には、絶縁体層36および高誘電率部45をエポキシ樹脂によって形成し、部分46をテフロン(商品名)のスクリーン印刷によって形成すればよい。また、②の構成の場合には、絶縁体層36および部分46をエポキシ樹脂によって形成し、高誘電率部45をポリフッ化ビニリデン樹脂(PVDF)のスクリーン印刷によって形成すればよい。また、③の構成の場合には、絶縁体層36をエポキシ樹脂によって形成し、高誘電率部45をPVDF、部分46をテフロンのスクリーン印刷によってそれぞれ形成すればよい。

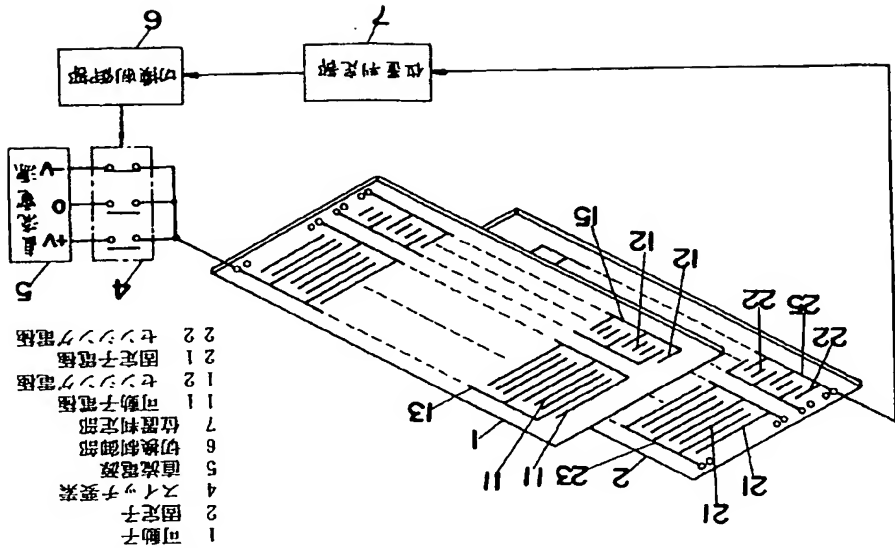
【0033】上述のような高誘電率部45を設けることによって、可動子電極11および固定子電極21に対応する面間で電気力線を集中させることができ、効果的に

【図19】さらに他の応用例の斜視図である。
【図20】図19に対応する応用例の側面図である。
【図21】従来の動作説明図である。

【符号の説明】

- 1 可動子
- 2 固定子
- 4 スイッチ要素
- 5 直流電源
- 6 切換制御部
- 7 位置判定部
- 10 可動子ホルダ
- 11 可動子電極
- 12 センシング電極
- 21 固定子電極
- 22 センシング電極
- 31 絶縁基板
- 32 絶縁体層
- 33 絶縁体層
- 34 導電体層
- 35 導電体層
- 10 38 絶縁体層
- 45 高誘電体部

【図1】



るのであって、可動子の固定子に対する変位量を正確に検出することが可能になるという利点を有する。

【0038】請求項4の構成によれば、固定子と可動子との間に絶縁性液体よりなる第3絶縁体層を介在させているので、固定子電極と可動子電極との間の絶縁耐圧を高めることができ、高い駆動電圧を印加することができ、高い誘電率を有する可動子の駆動電圧を高めることができるようにする結果、可動子の駆動電圧を高めることができる。また、第3絶縁体層を形成する絶縁性液体と絶縁体層とが、第1絶縁体層における可動子電極との対向位置に設け、第2絶縁体層における可動子電極との対向位置に、それぞれ他の部位よりも誘電率の高い絶縁材料よりなる高誘電率部を形成しているため、固定子電極と可動子との対向位置付近におよび可動子電極と固定子との対向位置付近に電気力線を集中させることができ、絶縁耐圧を維持したまま駆動電圧を高めることができるのである。

【0039】請求項5の構成によれば、固定子に第1絶縁体層を設け、第1絶縁体層に對向する第2絶縁体層を可動子に設け、第1絶縁体層における可動子電極との対向位置におよび第2絶縁体層における可動子電極との対向位置に、それぞれ他の部位よりも誘電率の高い絶縁材料よりなる高誘電率部を形成しているため、固定子電極と可動子との対向位置付近におよび可動子電極と固定子との対向位置付近に電気力線を集中させることができ、絶縁耐圧を維持したまま駆動電圧を高めることができるのである。

【0040】請求項6の構成によれば、複数の可動子を可動子ホルダによって一体に結合しているため、固定子と可動子との複数の対の駆動力の合力を出力として得ることができる、高い駆動力が得られるのである。

【図面の簡単な説明】

- 【図1】実施例を示す概略構成図である。
- 【図2】実施例の要部断面図である。
- 【図3】実施例に用いる可動子の要部断面図である。
- 【図4】実施例に用いる可動子を示す平面図である。
- 【図5】実施例に用いる固定子を示す平面図である。
- 【図6】実施例の駆動電圧の印加パターンの例を示す動作説明図である。
- 【図7】実施例の動作説明図である。
- 【図8】実施例のブロック図である。
- 【図9】実施例1の位置検出手段の動作説明図である。
- 【図10】実施例1の位置検出手段より得られる信号の例を示す動作説明図である。
- 【図11】実施例2の位置検出手段の動作説明図である。
- 【図12】実施例2の位置検出手段より得られる信号の例を示す動作説明図である。
- 【図13】実施例2の位置検出手段より得られる信号の例を示す動作説明図である。
- 【図14】実施例2の位置検出手段より得られる信号の例を示す動作説明図である。
- 【図15】実施例2の位置検出手段より得られる信号の例を示す動作説明図である。
- 【図16】応用例の概略斜視図である。
- 【図17】応用例の要部斜視図である。
- 【図18】他の応用例の断面図である。

可動子電極11と固定子電極21との距離を小さくしたこととなる。すなわち、絶縁体層32の厚みを比較的大きくすることによって絶縁耐圧を高くしながらも可動子1と固定子2との間に作用するクーロン力を高めることができ、結果的に駆動力を上昇させることができるのである。

【0034】駆動力を増大させるためには、図19および図20に示すように、可動子1および固定子2の対を複数個設けることもできる。すなわち、可動子1と固定子2との複数の対を可動子1の移動方向が同一方向になるように重複し、可動子1の移動方向における可動子1の一端部を可動子ホルダ10によって一体に結合し、可動子1の移動方向における固定子2の他端部を固定子ホルダ20によって結合するものである。このように、各可動子1の対応する可動子電極11同士および各固定子2の対応する固定子電極21同士は、可動子1の移動方向における位置が揃えられている。また、可動子1と固定子2との対を複数個重複しているため、対にならずに可動子1と固定子2との間だけではなく、本来は対になっていない可動子1と固定子2の間でもクーロン力が作用することになり、一對の可動子1と固定子2に比べて駆動力を、対の個数を増したよりも大きな駆動力が得られることになる。とくに、可動子電極11を可動子1の厚み方向の中央付近に設け、固定子電極21を固定子2の厚み方向の中央付近に設けるようにすれば、この効果が高くなるものである。

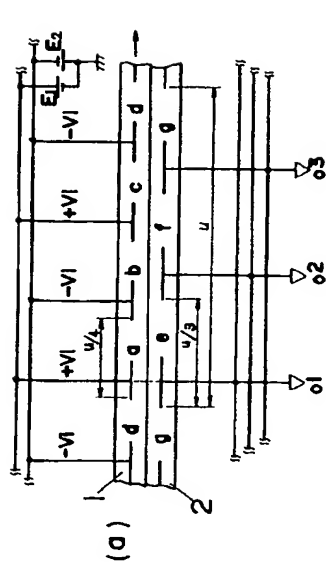
【0035】このように可動子1および固定子2を複数対設けた静電アクチュエータでは、他の構成と比較して駆動力を大幅に増強できるから、直直運動を行う人工筋肉などに応用することが可能である。

【0036】

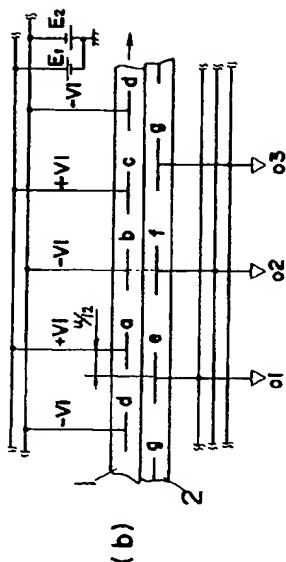
【発明の効果】請求項1の構成によれば、上述のように、固定子と可動子とにそれぞれ多数の固定子電極と可動子電極とを配列し、固定子電極と可動子電極とに印加する駆動電圧を制御して可動子を移動させるのである。固定子電極および可動子電極がそれぞれ所定の間隔で配列されているので、固定子電極と可動子電極との位置関係によって固定子に対する可動子の基準位置を正確に設定できるという効果を奏する。また、固定子に対する可動子の変位量を検出し位置量に応じた駆動電圧を固定子電極と可動子電極とに印加されるように駆動電圧制御手段をフィードバック制御する位置検出手段を備えているので、可動子の固定子に対する位置に応じた駆動電圧を制御することができ、乱調や脱調が生じないように可動子を移動させることができるという利点がある。

【0037】請求項2および請求項3の構成によれば、固定子と可動子とにそれぞれ一方に所定間隔で配列された多数のセンシング電極を互いに対向させたセンサ部を位置検出手段に設けているので、位置検出手段のセンサ部を、固定子と可動子とに一体に設けることができ

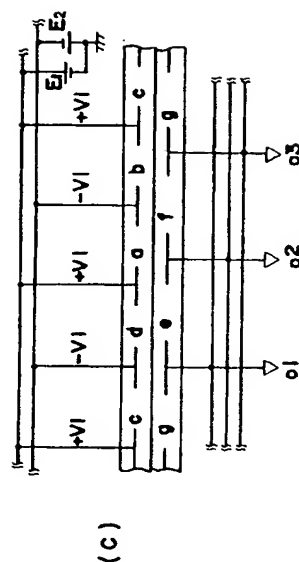
【図9】



(a)

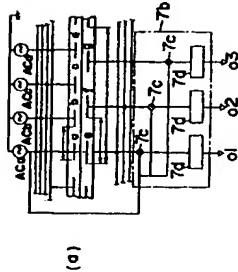


(b)

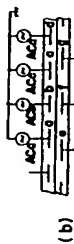


(c)

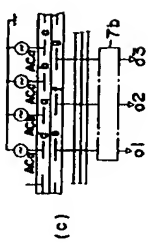
【図11】



(a)

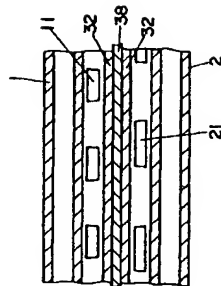


(b)

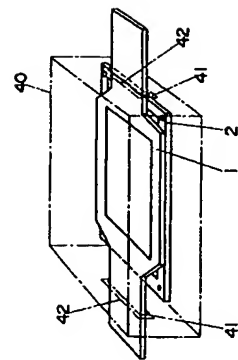


(c)

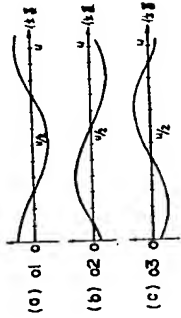
【図15】



【図16】



【図14】

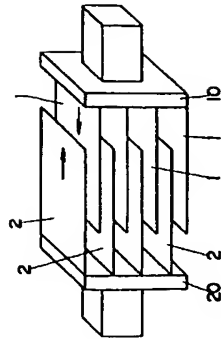


(a)

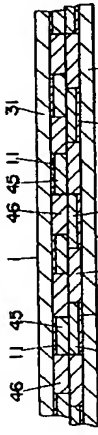
(b)

(c)

【図19】

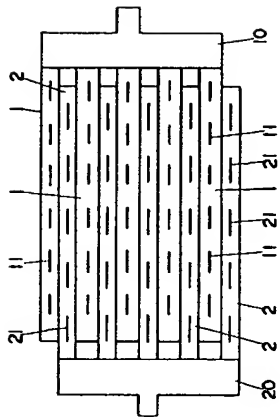


【図18】



(13)

【20】



[21]

